

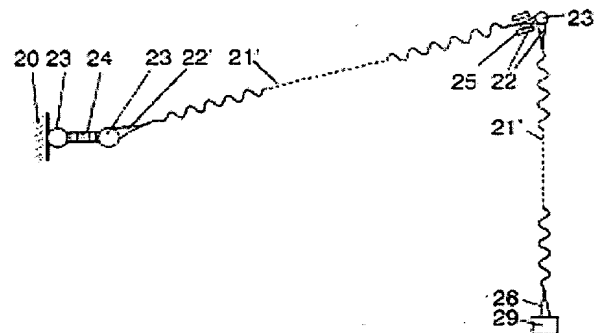
Flexible tether manipulator system for space satellite

Patent number: DE19819858
Publication date: 1999-11-11
Inventor: BSCHORR OSKAR (DE)
Applicant: BSCHORR OSKAR (DE)
Classification:
- **International:** B25J11/00; B64G1/66
- **European:** B64G1/66; B64G4/00
Application number: DE19981019858 19980504
Priority number(s): DE19981019858 19980504

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19819858

The tether manipulator system has 2 or more coupled tethers (21') of constant length, with acoustic horn adapters (22) or reflectors (26) at their ends and oscillation generators (26) mounted on the horn adapters, for providing mechanical oscillations for tensioning the tethers, so that they act as rigid arms.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 19 858 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
B 25 J 11/00
B 64 G 1/66

⑳ Aktenzeichen: 198 19 858.2
㉔ Anmeldetag: 4. 5. 98
㉓ Offenlegungstag: 11. 11. 99

DE 198 19 858 A 1

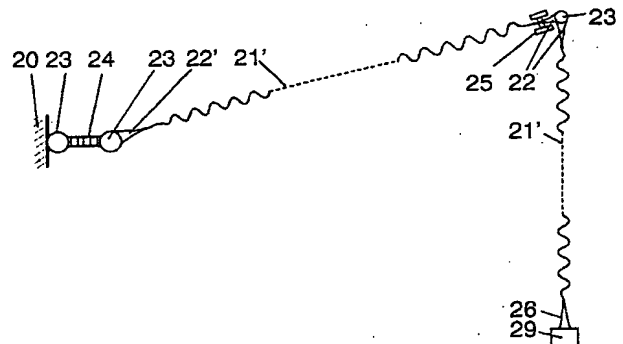
㉑ Anmelder:
Bschorr, Oskar, Dr., 81679 München, DE

㉒ Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Flexibler Tether-Manipulator

⑤7 In Fig. 2 ist ein Manipulator 29 für Arbeiten bei variabler Reichweite im Nahbereich eines Satelliten 20 eingesetzt, die durch zwei (oder mehrere) Tethern 21 und 21' miteinander verbunden sind. An den Enden der Tethern 21 und 21' befinden sich Hornadapter 22 oder Reflektoren 26. Auf den Hornadaptern 22 sind Schwingungsgeneratoren 25 montiert. Nach Fig. 2b bestehen diese aus zwei Unwuchten 28 und 28', mit Drehachsen kollinear - und in diesem Beispiel - senkrecht zum Hornadapter 22, so daß bei Rotation der Unwuchten 28 und 28' Wechselkräfte wirken, die sich dank der Impedanztransformation der Hornadapter 22 als Wellen in die Tethern 21 und 21' ausbreiten und diese aufgrund Strahlungsdruckes spannen, so daß sie sich wie starre Balken verhalten. Der Arbeitsabstand und die Orientierung zwischen Satellit 20 und Manipulator 29 wird durch die dreiachsige Winkelverstellung der Scharniere 23 eingestellt. Schließlich sind Schwingungsisolatoren 24 vorgesehen um Störschwingungen und auch Störmomente von dem Satelliten 20 und dem Manipulator 29 abzuhalten.



DE 198 19 858 A 1

Beschreibung

Gegenstand der Erfindung ist ein Manipulator für den Einsatz im schwerkraftfreien Raum. Für solche Orbit-Aktivitäten sind Teleskop-Greifer und wie beim Spacelab Winkelarme (25 m Reichweite) im Einsatz. Mit der Tether-Technik sind ungesteuerte Reichweiten bis 1000 km realisierbar. Ein direkter Stand der Technik ist das DBP 27 55 857 mit dem Titel "Vorrichtung zum Steuern des Abstandes zweier mit einer Leine verbundenen Satelliten" aus dem Jahre 1977. Hierbei wird in eine Tether eine mechanische Schwingung eingeleitet, wobei sich aufgrund des Schwingungsstrahlungsdruckes die flexible Tether streckt und sich wie ein starrer Balken vom Trägersatelliten aus bewegen läßt. Die genannte Anmeldung weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf, die letztlich einen praktischen Einsatz verhindert haben. So ist das Aus- und Einfahren der Tether konstruktiv aufwendig und da keine Maßnahmen gegen das Verheddern angegeben sind auch störanfällig. Die vorgeschlagenen Schwingungsgeneratoren erzeugen im Trägersatellit eine Störschwingung und verhindert dort die 0 g-Bedingung. Die Reaktionsmomente beeinträchtigen die Lageregelung und den Spinhaushalt. Im weiteren begrenzen die dort angegebenen uniformen Tether die Auslegung auf unterschiedliche Reichweiten und Einsätze. Auch für das Aus- und Einfahren der Tether ist keine praktikable und vor allem keine stabile, verhedderfreie Lösung angegeben. Schließlich waren zum Zeitpunkt der Anmeldung vor 20 Jahren die heutigen Aufgabenstellungen wie Reparatur und Einfangen defekter Satelliten, die Kollektion von Weltraum-Müll und Planetoiden-Missionen noch nicht relevant und deswegen auch keine diesbezüglichen Lösungen angesprochen.

Aufgabe der Erfindung ist ein flexibler Manipulator für Einsätze im schwerkraftfreien Raum, insb. für Abstandshaltung und Andocken zweier Satelliten, für Extra-Vehicular-Aktivitäten, für Planetoiden-Missionen, für das Einfangen defekter Satelliten, für die Entsorgung von Weltraum-Müll und auch für die Steuerung und Stabilisierung von Tether-Anwendungen.

Die Hauptmerkmale der Erfindung sind in den Ansprüchen fixiert; insb. sind dies fiefreie Tether-Manipulatoren für den Nahbereich und verhedderfreie Fievorrichtungen bei großen Reichweiten. Zum zweiten sind dies reaktionsfreie Schwingantriebe ohne Störung des Trägersatelliten. Die Störschwingungen werden durch gerichtete Abstrahlung der Tether-Wellen, durch externen Schwingantrieb und durch Schwingungsisolatoren vermieden. Letztere dienen gleichzeitig als Verstärker, um die Tether-Kraft zur Ausschaltung von Reaktionsmomenten durch den Satellitenschwerpunkt zu fluchten. Im weiteren werden inhomogene Tether-Ausführungen beschrieben mit denen sich Reichweite, Wellengeschwindigkeit, mechanische Impedanz, Frequenz und Schwingungsamplitude an die Einsatzforderungen anpassen lassen. Inhomogene Tether in Form von akustischen Kettenleitern haben frequenzselektive Dämpfung und Dämpfung und können zur Stabilisierung von Nuttschwingungen und zur Unterdrückung von Störschwingungen bei langreichweitigen Tether Einsätzen ausgenutzt werden. Weiter werden Tether-Konstruktionen angegeben, bei denen die Solarstrahlung zur Schwingungserregung ausgenutzt wird. Dazu werden Tether-Materialien mit großem Wärmeausdehnungskoeffizienten, großem Absorption/Emissionsvermögen und geringer radialer Wärmeleitung verwendet. Der andere Auslegungsfall mit der Vermeidung unkontrollierter sonnenenergetischer Schwingungen verlangt genau die entgegengesetzten Materialeigenschaften, z. B. Invar-Legierungen. Schließlich sind die beiden Enden einer Tether als Hornadapter oder als Reflektor ausgebildet. Auf

dem Hornadapter ist ein Schwingungserreger montiert und dient als Impedanztransformator zur Einleitung der Welle in die Tether. Der Reflektor dagegen weist einen hohen Impedanzsprung auf und dient zur möglichst verlustfreier Reflexion der Tether-Welle.

Der Erfindungsgegenstand ist anhand verschiedener Ausführungsbeispielen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 und 2 Tether-Manipulatoren für den Einsatz im schwerkraftfreien Raum.

Fig. 3 bis 9 Schwingantriebe zur Erzeugung von Tether-Wellen.

Fig. 10 und 11 Fievorrichtungen

Fig. 12 bis 16 Tether-Ausführungen in Form von akustischen Kettenleitern.

Fig. 17 bis 20 Anwendungsbeispiele für flexible Tether-Manipulatoren.

Zur Beschreibung wird folgende Bezeichnung vereinbart: (X Figur-Nummer) X0 = Trägersatellit, X1 = Tether, X2 = Hornadapter, X3 = Dreidimensionales drehbares Scharnier, X4 = Schwingungsisolator zur Vermeidung von Restschwingungen auf den Trägersatelliten X0 bzw. auf den Manipulator X9, X5 = Schwingungserreger zur Erzeugung einer linear und oder zirkular polarisierten Tether-Welle, X6 = Reflektor, X7 = Fievorrichtung zur Verlängerung und Verkürzung der Tether X1, X8 = Seismische Stützmasse, Tetherunterteilung, X9 = Subsatellit, Manipulator, Massenträgheitsmoment.

Fig. 1 zeigt eine Tether **11** bei der Distanzhaltung zwischen einem Trägersatelliten **10** und einem Subsatelliten **19**. Eine Hub/Zugvorrichtung **15** regt einen Hornadapter **12** zu Schwingungen an, wobei eine Ausgleichsmasse **18** die freien Reaktionskräfte neutralisiert, im weiteren reduziert ein Schwingungsisolator **14** den Schwingungsübergang auf den Trägersatelliten. Der Schwingungsisolator **14**, z. B. in der Ausführung nach DPa 197 30 469.6, kann gleichzeitig über ein Scharnier **13** so positioniert werden, daß die Reaktionskraft der Tether **11** durch den Schwerpunkt des Trägersatelliten **10** geht und so kein störendes Reaktionsmoment auf den Trägersatelliten übertragen wird. Der Hornadapter **12** ist als eindimensionales akustisches Horn ausgelegt und dient zur Anpassung der Impedanz der Hub/Zugvorrichtung **15** an die der Tether **11**. Mechanisch handelt es sich um einen geraden Stab mit abnehmender Biegesteifigkeit. Die eingeleitete Schwingung transportiert einen Impuls in Richtung des Hornadapters **12**. Dieser Impuls spannt die Tether **11**, so daß diese über die Winkelverstellung eines Scharniers **13** wie ein starrer Stab in jede Richtung positioniert werden kann. Der Reflektor **16** ist ebenfalls ein Hornelement mit seiner Cut-off-Frequenz oberhalb der Wellenfrequenz und damit auf optimale Reflexion ausgelegt. Die zunehmende Biegesteifigkeit des hornförmigen Reflektors **16** sorgt dafür, daß sich dieser in Tether-Richtung einstellt. Durch ein – hier nicht gezeichnetes – Scharnier kann schließlich auch der Subsatellit **19** gegenüber der Tether-Richtung positioniert werden.

In **Fig. 2** ist ein Manipulator **29** für Arbeiten bei variabler Reichweite im Nahbereich eines Satelliten **20** eingesetzt. Beide sind durch zwei (oder mehrere) Tether **21** und **21'** miteinander verbunden. An den Enden der Tethern **21** und **21'** befinden sich Hornadapter **22** oder Reflektoren **26**. Auf den Hornadaptern **22** sind Schwingungsgeneratoren **25** montiert. Diese sind in **Fig. 2b** näher spezifiziert und bestehen aus zwei Unwuchten **28** und **28'**. Deren Drehachsen sind kollinear – und in diesem Beispiel – senkrecht zum Hornadapter **22**, so daß bei Rotation der Unwuchten **28** und **28'** Wechselkräfte wirken, die sich dank der Impedanztransformation der Hornadapter **22** als Wellen in die Tethern **21** und **21'** ausbreiten und diese aufgrund Strahlungsdruckes span-

nen, so daß sie sich wie starre Balken verhalten. Der Arbeitsabstand und die Orientierung zwischen Satellit 20 und Manipulator 29 wird durch die dreiachsige Winkelverstellung der Scharniere 23 eingestellt. Bei drei und mehreren Tether-Abschnitten und mit mehreren Scharnieren ist es auch möglich den Manipulator 29 auch auf der abgewandten Seite eines Objektes einzusetzen. Mit einer solchen Konstruktion können störende Reaktionsmomente a priori vermieden werden. Dank des eigenen Massenträgheitsmomentes ist eine solche Anordnung auch stabiler gegen Verdrehung. Schließlich sind Schwingungsisolatoren 24 vorgesehen um Störschwingungen auf den Satelliten 20 und den Manipulator 29 abzuhalten.

Der Schwingantrieb 35 nach Fig. 3 besteht aus zwei rotierenden Unwuchten 38 und 38'. Diese sind coaxial auf dem Hornadapter 32 montiert und individuell durch Einzelmotore mit unterschiedlicher, gleicher oder entgegengesetzter Drehzahl und mit einstellbarer Phasenlage angetrieben. In der Prinzipskizze nach Fig. 3 haben die beiden Unwuchten 38 und 38' einen konstruktiv bedingten axialen Abstand. Dieser Hebelabstand bewirkt Störmomente. Hebel und Störmoment kann vollkommen ausgeschaltet werden, wenn die beiden Unwuchten 38 und 38' koplanar sind und deren radiale Momente gleich gemacht werden. Um Störschwingungen vom Trägersatelliten abzuhalten sind zusätzliche Isolierelemente 34 vorgesehen. Entgegengesetzte Drehzahl ergibt bei gleicher Unwucht eine linear polarisierte Welle im Hornadapter 32 die sich amplitudenverstärkt in die Tether 31 fortpflanzt. Bei gleichsinniger Drehung ergibt sich eine zirkular polarisierte Welle mit einer Amplitude entsprechend der Phasenlage der beiden Unwuchten 38 und 38'. Zusätzlich zum Strahlungsdruck $F = N/c$ in Richtung der Tether 31 wird bei zirkular polarisierter Welle gleichzeitig ein Moment $M = N/\omega$ (N = Leistung der zirkularen Welle, c = Geschwindigkeit, ω = Kreisfrequenz) übertragen. Damit können der Manipulator um die Tether-Achse gedreht und unbeabsichtigte Drehstörungen ausgeglichen werden.

In Fig. 4 ist ein Schwingungsantrieb mit gerichteter Abstrahlung, d. h. mit einstellbarem Verhältnis von vor- und rückwärts abgestrahlter Wellenenergie in die Hornadapter 42 und 42' und damit in die Tethern 41 und 41' dargestellt. Dies wird mit zwei synchron arbeitenden Wellengeneratoren 45 und 45' erreicht. Über die Phasenlage und die Laufzeitunterschiede läßt sich ein spektrales Richtverhältnis einstellen. Mit einer solchen Anordnung lassen sich simultan auch zwei und mehrere Schwingungsfrequenzen abstrahlen. Dies ist dann zweckmäßig, wenn die Wellengeneratoren 45 und 45' als Relaisverstärker in einer Long-Distance-Tether eingesetzt werden eine weitreichende, tieffrequente Welle emittieren und eine hochfrequente zur Stabilisierung und Vermeidung von Verhedderung der Tethern 41 und 41' im Nahbereich.

Fig. 5 zeigt wieder einen Relaisverstärker für die Tethern 51 und 51' mit den Hornadaptoren 52 und 52'. Der Schwingungsantrieb 55 wird hier durch eine periodische Winkelbewegung in dem Scharnier 53 realisiert. Dieser Antrieb eignet sich vorzugsweise zur Erzeugung von tieffrequenten, weitreichenden Tether-Schwingungen.

In Fig. 6 wird eine Tether 61 direkt durch aufgebrachte Piezoelemente 65 angetrieben. Energie und Steuersignal erhalten diese über eine Versorgungsleitung. Durch eine Phasenversetzung der einzelnen Piezoelemente 65 untereinander ist auch das Verhältnis von vor- und rückwärts abgestrahlter Wellenleistung einstellbar. Eine solche Auslegung ist bei "ungesteuerten" Tethern zur Stabilisierung und zur Bruchvermeidung zweckmäßig. Mit elektrischen Heizelementen anstelle der Piezoelemente 65 läßt sich in gleicher

Weise eine Transversalschwingung in der Tether 61 induzieren. Die periodische, einseitige Längendehnung durch Heizung – und die Verkürzung durch Strahlungskühlung – hat zwar einen sehr schlechten energetischen Wirkungsgrad, auf der anderen Seite ist der mechanische Aufbau sehr einfach und im Orbit steht unbegrenzt Solarstrom zur Verfügung.

Die Ausführungsbeispiele in den Fig. 7 bis 9 zeigen in Seitenansicht (a) und im Querschnitt (b) Tether, die über die Wärmeeinstrahlung der Sonne zu Schwingungen angeregt werden.

Die Tether 71 nach Fig. 7 hat einen Rechteckquerschnitt und ist mit einer Wellenlänge L verdreht. Eine Biegewelle mit derselben (spurangepaßten) Wellenlänge L bewirkt aufgrund der Darboux-Kopplung eine phasenversetzte Verdrehung der Tether 71 mit unterschiedlicher Erwärmung und Momenterzeugung und damit eine Schwingungsanfachung der Tether 71. Für diesen Schwingungsantrieb sind Tether-Materialien mit möglichst großem Wärmeausdehnungskoeffizienten, mit möglichst großem Lichtabsorptions- und Emissionsvermögen und geringer Wärmeleitfähigkeit erforderlich. In Fig. 8 hat die Tether 81 Exzentermassen 85, die äquidistant über die Länge angebracht sind. Bei einer Tetherschwingung bewirken die Exzentermassen 85 gleichzeitig eine Verdrehung der Tether 81 und damit eine unterschiedliche einseitige Erwärmung, was wie ein Schwingungsgenerator wirkt. Dieser Effekt läßt sich auch durch Schwärzung oder eine Bimetallaufgabe verstärken. In Fig. 9 generiert ein Torsionswellengenerator 95 in der Tether 91 eine Torsionswelle, so daß es zu einem unterschiedlichen Einstrahlungswinkel und damit zu einer unterschiedlichen Erwärmung der Tether 91 kommt. Bei Spuranpassung wird dadurch eine Biegewelle in der Tether 91 angeregt.

In den Fig. 10 und 11 sind in Seitenansicht (a) und im Querschnitt (b) zwei Fiervorrichtungen dargestellt. Die Fiervorrichtung 107 besteht aus einer starr verbundenen Doppelspule, die je nach Drehrichtung, die Tether 101 auf- oder abspult. Bei Verwendung einer elektrisch leitenden Tether sind in den Führungsrohren 104 und 104' elektrodynamische Schwingungsgeneratoren 105 und 105' untergebracht, die eine kurzweilige Tetherschwingung generiert um die Tether 101 im Nahbereich zu strecken und so ein verhedderfreies Aufrollen zu gewährleisten. Im Beispiel der Fig. 11 dagegen bestehen zwei synchron gegenläufige Spulen 117 und 117' mit den angeschlossenen Führungsrohren 114 und 114' für die Tether 111. Durch einen Antrieb der Spulen 117 und 117' kann die Tether 111 so unter Zugspannung gehalten werden, daß kein Verheddern beim Einzug möglich ist. Solche Fiervorrichtungen 117 können auch als Zugentlastung dienen, da bei sehr großen Tether-Längen unkontrollierte Spannungen auftreten, die bei Tether-Einsätzen immer wieder zum Bruch geführt haben.

In den Fig. 12 bis 16 sind verschiedene Tether-Ausführungen ausgelegt als akustische Kettenleiter dargestellt, die gegenüber der konventionellen Draht- oder Leinen-Tether schwingungstechnische Vorteile aufweisen. Bei Fig. 12 ist die Tether 121 rohrförmig und ermöglicht die Einbringung einer Steuer- oder Versorgungsleitung 128, die bei Auslegung als akustischer Kettenleiter in periodischen Abständen an der Tether 121 fixiert ist. In Fig. 13 hat die Tether 131 Massenpunkte 138. Anstelle der reaktiven Massenpunkte 138 können auch Federn/Massen/Dämpfer angekoppelt werden. Damit kann Wellengeschwindigkeit und Impedanz über ein weiteres Spektrum an die unterschiedlichen Einsatzanforderungen angepaßt werden. Solche Kettenleiter weisen außerdem Sperr- und Durchlaßbereiche auf, mit denen die Nutzschwingung unterstützt und Störschwingungen unterdrückt werden können. Solche Kettenleitereigenschaften weisen auch die Ausführungen nach Fig. 14 und 15 auf.

Die Tether 141 hat abschnittsweise Tetherelemente 148 mit unterschiedlicher Dicke und die Tether 151 hat einen periodisch zu- und abnehmenden Querschnittsverlauf 158. In Fig. 16 setzt sich die Tether 161 aus Stäben 168 zusammen, die durch elastische Scharniere 163 verbunden sind. In die Scharniere 163 können gleichzeitig Torsionsmotore eingebaut sein über die ein Gelenkwinkel eingestellt und mit denen die Tether 161 auch zusammengefalted werden kann. Werden die Stäbe 168 anstelle von Scharnieren mit Schraubenfedern verbunden, so wird dadurch die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Longitudinalwellen reduziert und damit auch diese Wellenart zum Spannen einer Tether interessant.

In den Fig. 17 bis 20 sind spezielle Anwendungsfälle von Tether-Manipulatoren skizziert. In Fig. 17 ist ein Tether-Knoten – in diesem Beispiel – mit drei Tethern 171, 171' und 171", die über Scharniere 173 miteinander verbunden sind, dargestellt. Die Enden der Tethern 171 sind wieder mit Hornadaptern 172 bzw. Reflektoren 176 abgeschlossen und die von den Schwingungsgeneratoren 175 induzierten Wellen halten die Tethern 171 gespannt. Damit gelingt es, im schwerefreien Raum starre, räumliche Konstruktionen aufzuspannen. In Fig. 18 geht es darum, einen außer Kontrolle geratenen, taumelnden Satelliten 180 wieder zu stabilisieren. Dazu wird an dem Satelliten 180 eine Doppel-Tether 181 und 181' mit den Hornadaptern 182 und 182' befestigt. Durch einen Schwingungsgenerator 185 zu Schwingungen angeregt, spannen sich die Tethern 181 und 181', so daß das Massenträgheitsmoment der Endkörper 189 und 189' die Taumelbewegung reduziert. Die Endkörper 189 und 189' mit Steuerdüsen versehen kann jede geforderte Drallbilanz am Satelliten 180 eingestellt werden. Da bei großen Tether-Längen nur geringe Schubimpulse notwendig sind, können die Steuerdüsen auch durch die einfacheren, elektrisch beheizten Abdampfaggregate ersetzt werden. In Fig. 19 ist für Manipulationen im elektromagnetischen Feld der Erde eine geschlossene, ringförmige Tether 191 aufgespannt. An einer – oder bei größeren Kreisdurchmessern an mehreren – Stellen befindet sich ein Hornadapter 192 mit einem aufgesetzten Schwingungsgenerator 195. Der Impuls der Tether-Welle ergibt bei einer geschlossenen Tether 191 eine zentrifugale Kraft, die die Ringform aufrecht erhält und stabilisiert. In Fig. 20 geht es um die Entsorgung eines ausgedienten Satelliten 200. Dieser ist über eine Leine 204 mit einem Bremsfallschirm 209, der in die obere Atmosphäre eintaucht verbunden. Analog zu Fig. 19 wird zur Aufspannung und Stabilisierung des Bremsfallschirms 209 eine ringförmige Tether 201 mit Hornadapter 202 und Schwingantrieb 205 verwendet.

Patentansprüche

1. Manipulatorsystem im schwerefreien Raum gebildet durch eine Tether die durch Einleiten von mechanischen Saiten- und/oder Biegeschwingungen gespannt gehalten und wie ein starrer Balken bewegt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Manipulatorarm aus zwei oder mehreren Tether-Abschnitten X1, X1', X1" ... mit konstanten Längen gebildet wird, die jeweils am Tether-Ende in akustische Hornadaptern X2, auf denen Schwingerreger X5 angebracht sind oder in Wellenreflektoren X6 münden und die Tether-Abschnitte X1, X1', X1" ... durch Scharniere X3 um alle drei Raumachsen gegeneinander gedreht und positioniert werden können.

2. Manipulatorsystem nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Trägersatelliten X0 und/oder mit dem Subsattelliten X9 in Verbindung stehenden Impedanzadaptern X2 oder Reflektor X6

durch einen Schwingungsisolator X4 schwingungsmäßig abgekoppelt sind und daß der Schwingungsisolator X4 so positioniert ist, daß die Tether-Kraft durch den Schwerpunkt des Trägersatelliten fluchtet, um kein Störmoment zu übertragen.

3. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungsgenerator X5 am Impedanzadapter X2 befestigt ist und aus zwei individuell angetriebenen Unwuchten X8 besteht, deren Drehachsen vorzugsweise parallel oder senkrecht zum Impedanzadapter X2 sind und die durch synchronen Gegenlauf eine linear polarisierte Welle oder im allgemeinen Drehfall eine elliptisch polarisierte Welle in die Tether X1 induzieren.

4. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß auch zur Vermeidung von Störschwingungen zwischen zwei Tether-Abschnitten 41 und 41' sich zwei Impedanzadapter 42 befinden, an denen zwei Schwingungsgeneratoren 45 und 45' befestigt sind die mit einer spektralen Phasendifferenz untereinander betrieben werden können, so daß eine spektrale Schwingungsleistung mit einstellbarem Vor/Rückverhältnis in die Tether-Abschnitte 41 und 41' eingeleitet wird.

5. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Relaisstation zwischen zwei Tether-Abschnitten 51 und 51' sich zwei Impedanzadapter 52 befinden, die durch ein Scharnier 53 miteinander verbunden sind und durch den Momentengenerator 55 zu Tetherschwingungen angeregt werden.

6. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Tether 61 mit Piezofolien 65 oder den anderen Schwingungsgeneratoren X5 belegt ist und diese individuell mit einer einstellbaren, spektralen Phasendifferenz ansteuerbar sind, so daß Tether Schwingungen mit einstellbarem Vor/Rückwärtsverhältnis abgestrahlt werden können.

7. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Tether 71 ein zweiachsiges, unterschiedliches Trägheitsmoment aufweist und verdreht ist, so daß bei einer Tether-Schwingung aufgrund der Darboux-Kopplung und der Spuranpassung auch eine Drehschwingung erfolgt durch die es zu einer einseitigen, wechselnden Erwärmung und Ausdehnung der Tether 71 infolge Sonneneinstrahlung und dadurch zu einer selbstgesteuerten Schwingungsanfachung kommt.

8. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß an der Tether 81 Exzentermassen 85 angebracht sind, so daß bei einer Tetherschwingung auch eine Drehschwingung erfolgt und durch die es zu einer einseitigen, wechselnder Erwärmung und Ausdehnung der Tether 81 infolge Sonneneinstrahlung und dadurch bei Spuranpassung zu einer selbstgesteuerten Schwingungsanfachung kommt.

9. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Tether 91 und 91' durch einen periodischen Drillmechanismus 95 gedreht wird und durch die es zu einer einseitigen, wechselnden Erwärmung und Ausdehnung der Tether 91 infolge Sonneneinstrahlung und dadurch zu einer gesteuerten Schwingungsanfachung kommt.

10. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aus- und Einrollen der Tethern 101 und 101' zwei starr verbundene Rollen 107 und 107' und zwei Führungsrohre 104 und 104' verwendet werden an denen zwei z. B. elektrodyna-

misch betriebene Schwingungsgeneratoren **105** und **105'** die elektrischen leitenden Tethern **101** und **101'** zu Schwingungen anregen um diese zu strecken und beim Ein- und Ausrollen ein Verheddern zu vermeiden.

11. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 10, 5
dadurch gekennzeichnet, daß zum Ein- und Ausrollen der Tethern **111** und **111'** zwei gegenläufig angetriebene Rollen **117** und **117'** und zwei Führungsrohre **114** und **114'** verwendet werden an denen sich Schwingungsgeneratoren **115** und **115'** befinden, die eine hochfrequente Schwingung in die Tethern **111** und **111'** einleiten um diese im Nahbereich zur Vermeidung von Verheddern zu strecken. 10

12. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 11, 15
dadurch gekennzeichnet, daß die Tether **121** zur Aufnahme von Versorgungs- und Steuerleitungen **128** hohl ausgeführt und nach der Vorschrift des akustischen Kettenleiters in periodischen Anständen fixiert ist.

13. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 12, 20
dadurch gekennzeichnet, daß die Tether **131** als akustischer Kettenleiter aufgebaut ist und in einem vorzugsweise äquidistantem Abstand Massenpunkte **138** aufweist.

14. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 13, 25
dadurch gekennzeichnet, daß die Tether **141** als akustischer Kettenleiter aufgebaut ist und abschnittsweise unterschiedliche Massenbelegung, unterschiedliche Steifigkeit und/oder unterschiedlichen Querschnitt **148** aufweist.

15. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 14, 30
dadurch gekennzeichnet, daß die Tether **151** als akustischer Wellenleiter mit periodische variierender Massenbelegung, Steifigkeit und/oder Querschnittsverlauf ausgelegt ist.

16. Manipulatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 15, 35
dadurch gekennzeichnet, daß die Tether **161** aus starren Teilstücken **162** aufgebaut ist, die durch Scharniere **163** miteinander verbunden sind und die Scharnierwinkel durch eingebaute Motore **165** einstellbar sind und die Tether **161** auch gefaltet werden kann. 40

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

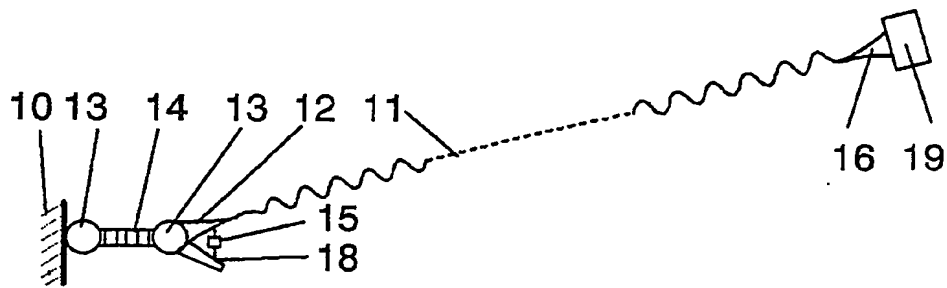


Fig. 1

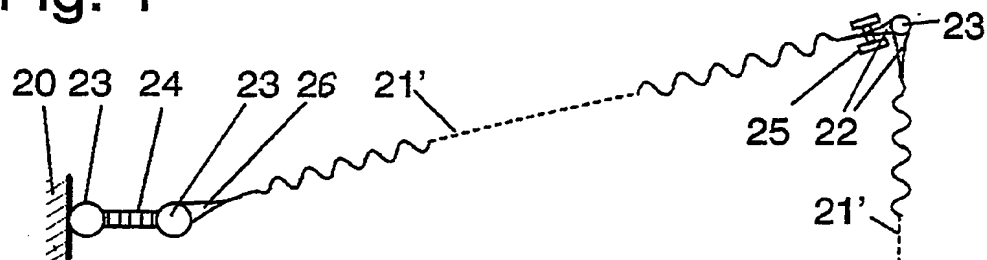


Fig. 2a

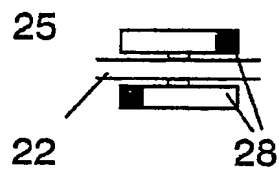


Fig. 2b

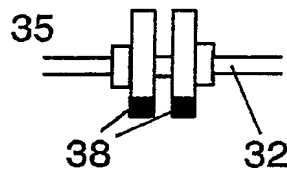


Fig. 3

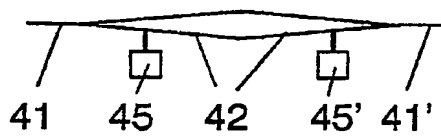
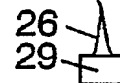


Fig. 4

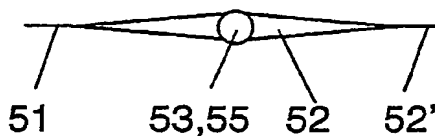


Fig. 5

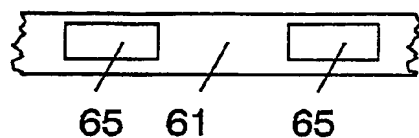


Fig. 6

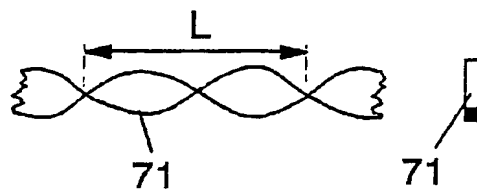


Fig. 7

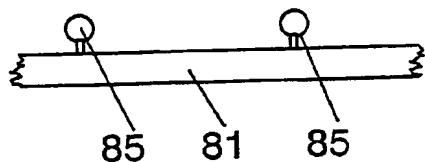


Fig. 8

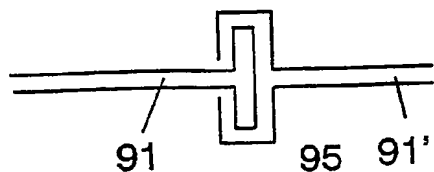


Fig. 9

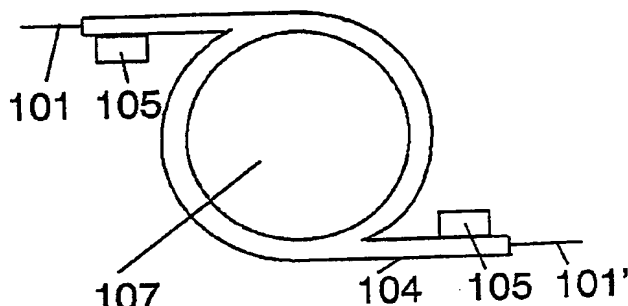


Fig. 10a

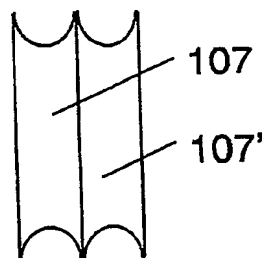


Fig. 10b

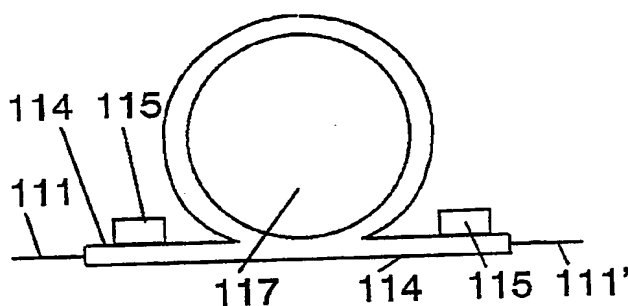


Fig. 11a

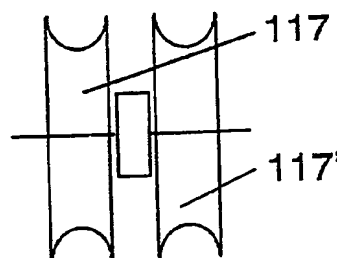


Fig. 11b

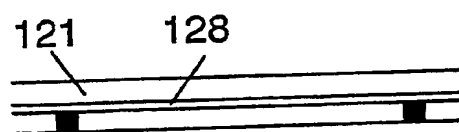


Fig. 12a

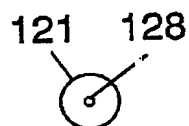


Fig. 12b

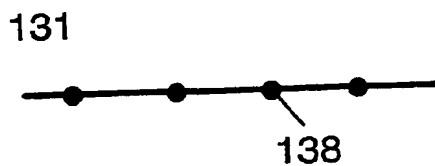


Fig. 13

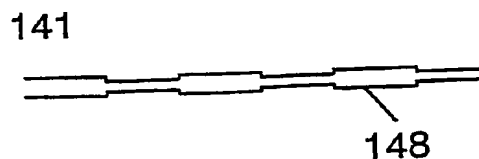


Fig. 14

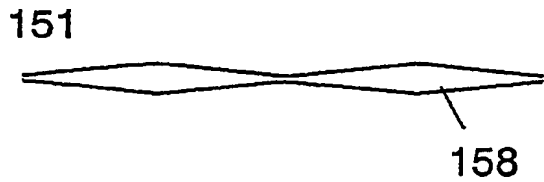


Fig. 15

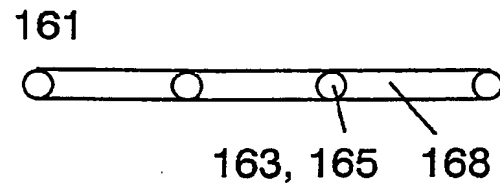


Fig. 16

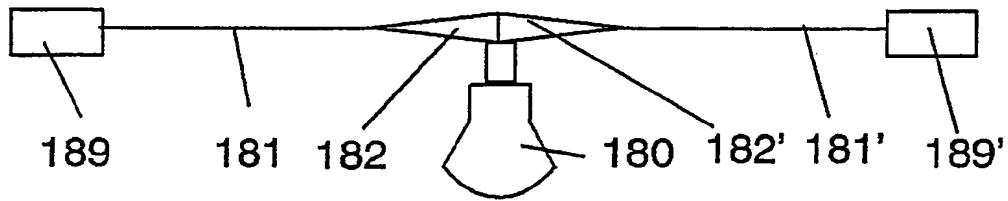


Fig. 18

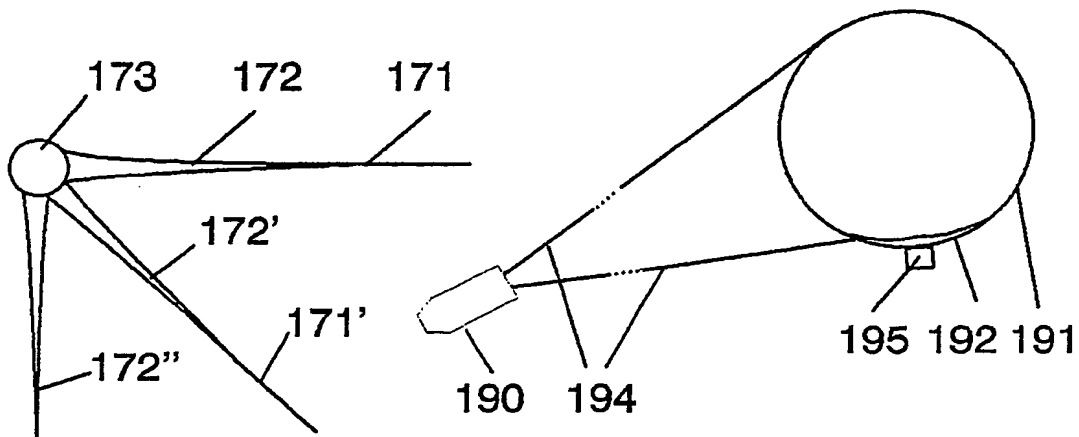


Fig. 17

Fig. 19

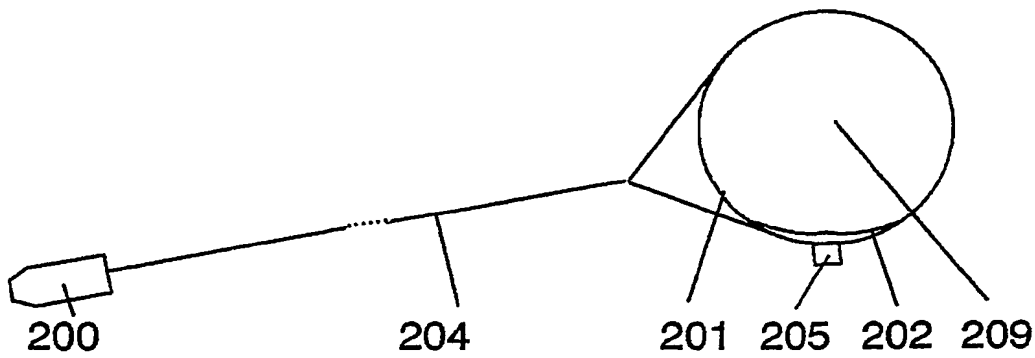


Fig. 20